7К

УДК 004.032.26

С.В. Ковалевский, В.Б. Гитис
Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина
kovalevskii@dgma.donetsk.ua, veniamin.gitis@dgma.donetsk.ua

Аппроксимация функций с помощью каскадных нейроподобных сетей

В статье предлагается применение нейронных сетей с каскадной архитектурой для аппроксимации функций, описывающих поведение моделируемых объектов. Описаны принципы построения нейроподобных каскадных сетей. Показаны преимущества формирования структуры нейронной сети по каскадному принципу в зависимости от поведения исследуемого объекта. Приведены примеры успешного применения каскадных нейроподобных сетей для решения прикладных задач моделирования и прогнозирования.

В моделировании производственных, технологических, экономических и организационных систем, необходимость которого определяется постановкой оптимизационных задач, трудно предположить ситуацию, при которой все значимые факторы будут учтены исследователем. Всегда найдется группа факторов, влиянием которых исследователи пренебрегли с определенной степенью риска.

Такое моделирование может выполняться для решения следующих задач:

- исследование и диагностика объектов;
- исследование и прогнозирование временных рядов;
- исследование и оптимизация параметров производственных и, в частности, технологических процессов;
- управление техническими, организационными и экономическими системами;
- исследование и прогнозирование надежности производственных систем;
- исследование образовательных процессов и их оптимизация;
- создание интегрированных систем проектирования.

Рассматриваемая проблема имеет место практически в любой постановке задачи. Поэтому нейросетевое моделирование выступает как достаточно надежный инструмент моделирования системных объектов.

Постановка задачи

При решении перечисленных выше задач во многих случаях остается проблематичным построение нейронной сети в условиях поступления потока данных, в том числе в реальном масштабе времени.

Вопросы аппроксимации экспериментальных данных или данных, полученных в результате измерений, остаются актуальными и касаются в основном выбора наилучшей аппроксимирующей функции.

Перечислить работы, посвященные этой проблеме, вряд ли представляется возможным, однако поиск рациональной (с позиций исследователя) аппроксимирующей модели остается актуальным.

Цель работы

Целью работы является исследование аппроксимирующих возможностей нейроподобных каскадных сетей, изучение особенностей и алгоритмов формирования такого типа нейронных сетей и их апробация для моделирования сложных систем и объектов.

Результаты исследований

Для создания каскадных нейросетевых моделей нами предложен метод построения нейронной сети на основе аппроксимации функции текущей ошибки данных. В этом случае каскадные нейронные сети позволяют аппроксимировать заданное множество данных таким образом, что каждая последующая функция сети «выравнивает» кривую ошибки.

Отсюда следует, что для аппроксимации необходимо выбирать наиболее универсальную функцию – «универсальное лекало», с помощью которой и проводят аппроксимацию. Этот процесс можно графически представить схемой, приведенной на рис. 1.

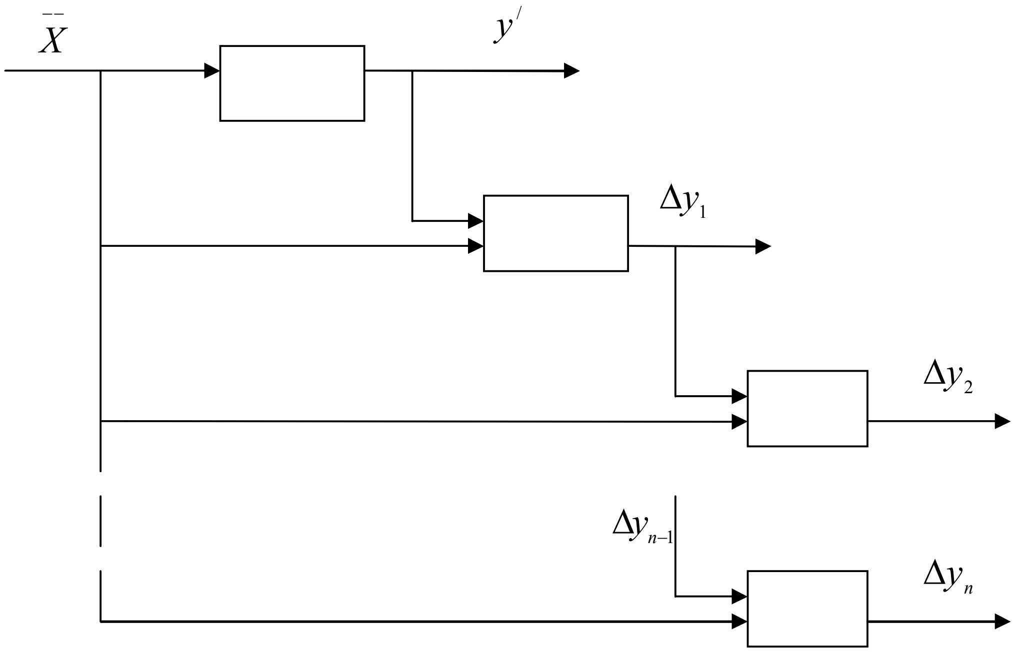


Рисунок 1 – Схема аппроксимации функции

Тогда функция будет представляться в виде

$$y = y' + \Delta y_1 + \Delta y_2 + \ldots + \Delta y_n,$$

или

$$y = y' + \sum_{i=1}^{n} \Delta y_i .$$

В общем виде алгоритм процесса создания и настройки каскадной сети представлен на рис. 2.

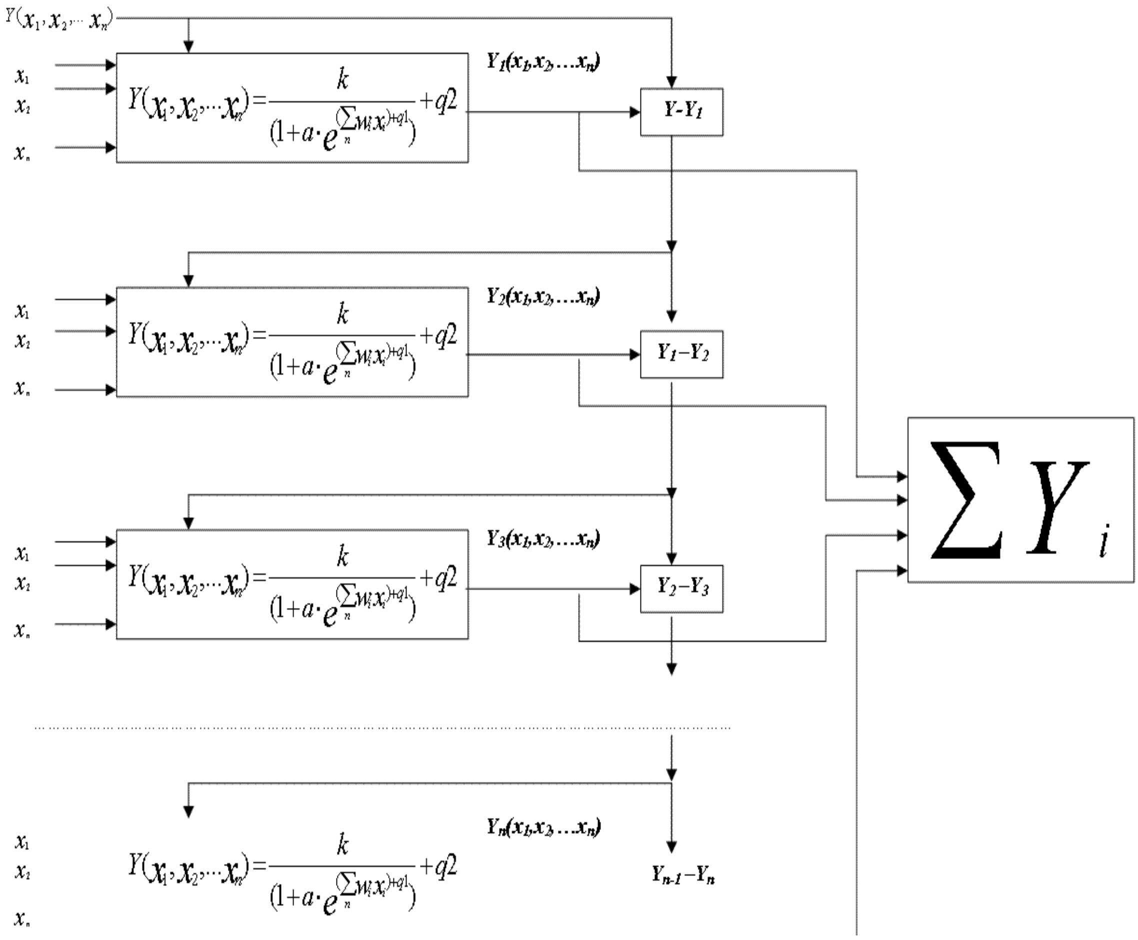
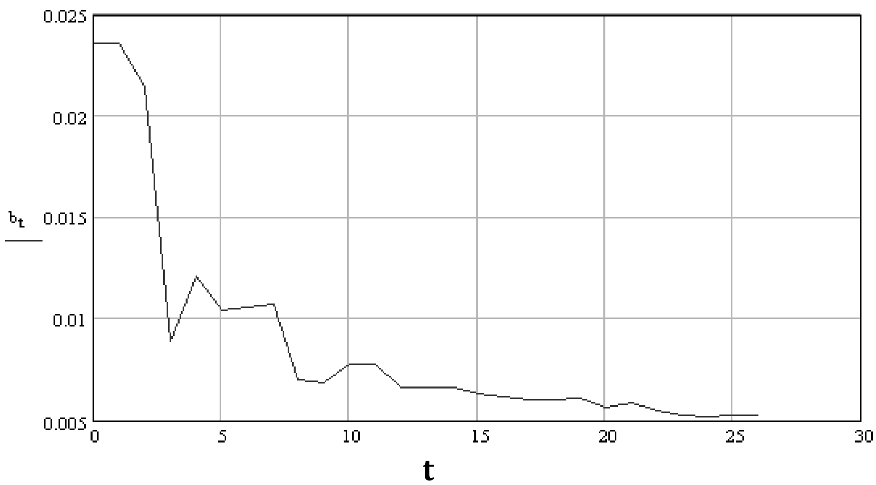


Рисунок 2 – Алгоритм процесса создания и настройки каскадной нейроподобной сети

Реализация таких нейросетевых моделей достаточно проста и не требует сложных алгоритмов настройки множества коэффициентов – на каждом шаге одновременно настраиваются лишь N + 4 коэффициента, где N – это количество входов модели.



$$b_{26} = 5{,}293 * 10^{-3}$$

Рисунок 3 – График погрешности аппроксимации в зависимости от числа шагов – новых нейронов

Работу каскадной нейронной сети можно рассмотреть на примере моделирования объекта с одним входом и одним выходом (временной ряд). На рис. 3 представлен график изменения погрешности аппроксимации ряда (b_t) в зависимости от количества шагов моделирования (t). Как видно из графика, рост нейросети на каждом шаге увеличивает точность прогноза. Всего же в данном примере потребовалось выполнить 26 шагов для достижения практически нулевой погрешности. Исследование временных рядов на основе выявления их внутренней структуры с помощью нейросетевого моделирования является весьма перспективным направлением. Для исследований целесообразно использовать метод окон со сдвигом на K элементов. Наблюдается зависимость количества нейронов сети, моделирующей временной ряд, от ширины окна K. Резкое изменение количества нейронов при сохранении величины ошибки аппроксимации свидетельствует, по нашему мнению, о качественном изменении состава данных временного ряда. В этом случае появляется возможность определения горизонта прогноза временного ряда на основе заданного уровня ошибки прогноза.

Разработанные каскадные нейронные сети были применены для комплексного моделирования и прогнозирования показателей различных технических, технологических и экономических объектов.

Так, применение каскадных нейронных сетей позволило успешно выполнить моделирование временного ряда, представляющего собой динамику курса пары доллар – российский рубль в течение 252 календарных дней. Во время прогнозирования динамики временного ряда была достигнута величина абсолютной ошибки 0,975 пунктов при горизонте прогнозирования 10 дней [1].

Успешным также оказалось применение каскадных нейронных сетей для построения модулей системы гомеостатического равновесия технико-экономических показателей прокатных гладких валков. В результате тестирования модулей максимальная относительная погрешность решения примеров тестовой выборки составила для модуля расчета себестоимости валков 0,84 %, для модуля расчета трудоемкости валков – 6,12 %, для модуля расчета материалоемкости валков – 2,44 %, что значительно ниже допустимых нормативных погрешностей расчета [2]. При моделировании износа режущего инструмента из материала Р9 ошибка аппроксимации составила 0,847, а из материала Р6М5 – 0,478, что свидетельствует об успешности применения предложенного подхода [3].

Успешная апробация каскадных нейронных сетей позволяет судить о перспективности применения разработанных нейроструктур для моделирования сложных систем различной природы. Поэтому необходимо продолжение исследований в этом направлении для дальнейшего улучшения качества моделирования объектов и прогнозирования их показателей.

Выводы

1. В результате проведенных исследований предложено формирование нейронной сети по каскадному принципу на основе аппроксимации функции ошибки моделирования характеристик объекта.

2. Полученные удовлетворительные результаты моделирования на основе каскадных нейроподобных сетей свидетельствуют о применимости нового подхода к моделированию объектов с любым числом входов.

3. Решение задач диагностики и управления на основе нейронных сетей предложенного типа может выявить новые возможности таких сетей.

Литература

1. Ковалевский С.В., Ковалевская О.С. Исследование методов моделирования временных рядов на основе каскадных нейросетей // Сборник трудов Международной научной конференции «Нейросетевые технологии и их применение». – Краматорск: ДГМА, 2007. – С. 61-64.
2. Гитис В.Б., Поставная Е.Ю. Нейросетевой подход к управлению производственной системой промышленного предприятия // Сборник трудов Международной научной конференции «Нейросетевые технологии и их применение». – Краматорск: ДГМА, 2007. – С. 18-23.
3. Ковалевский С.В., Медведева Л.В. Моделирование динамики износа режущего инструмента // Сборник трудов Международной научной конференции «Нейросетевые технологии и их применение». – Краматорск: ДГМА, 2007, С. 73-81.

С.В. Ковалевський, В.Б. Гітіс

Апроксимація функцій за допомогою каскадних нейроподібних мереж
У статті пропонується застосування нейронних мереж з каскадною архітектурою для апроксимації функцій, що описують поведінку об'єктів, що моделюються. Описані принципи побудови нейроподібних каскадних мереж. Показані переваги формування структури нейронної мережі за каскадним принципом залежно від поведінки досліджуваного об'єкта. Наведені приклади успішного застосування каскадних нейроподібних мереж для вирішення прикладних задач моделювання й прогнозування.

S.V. Kovalevskii, V.B. Gitis

Approximation of Functions by Cascade Neural Networks
In the article the application of neural networks with cascade architecture for approximation of functions, describing the conduct of the designed objects is offered. Principles of construction of cascade neural networks are described. Advantages of forming of neural network structure on cascade principle depending on the conduct of the probed object are shown. The examples of successful application of cascade neural networks are resulted for the decision of the applied tasks of design and prognostication.

Статья поступила в редакцию 30.05.2008.